

30 MAR 2005

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
15 avril 2004 (15.04.2004)

PCT

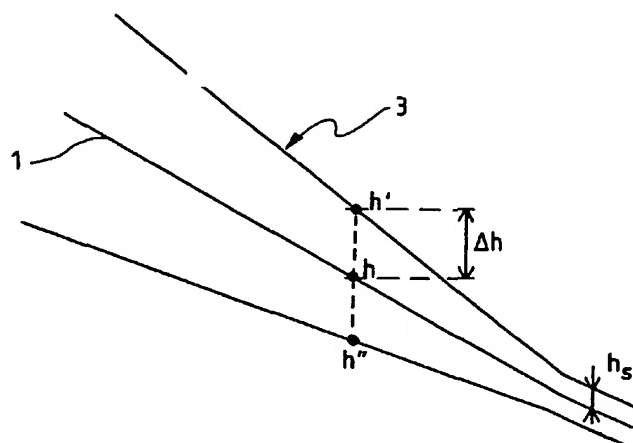
(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/031879 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : G05D 1/06 (72) Inventeur; et
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : DEKER, Guy
(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2003/002794 [FR/FR]; THALES Intellectual Property, 31-33, Avenue
Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).
(22) Date de dépôt international : 23 septembre 2003 (23.09.2003) (74) Mandataires : GUERIN, Michel etc.; Thales Intellectual
Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil
Cedex (FR).
(25) Langue de dépôt : français (81) État désigné (national) : US.
(26) Langue de publication : français (84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
(30) Données relatives à la priorité : 02/12134 1 octobre 2002 (01.10.2002) FR Publiée :
— avec rapport de recherche internationale
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : THALES [FR/FR]; THALES, 45, rue de Villiers, F-92200
NEUILLY-SUR-SEINE (FR). — avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: AIRCRAFT NAVIGATIONAL ASSISTANCE METHOD AND CORRESPONDING DEVICE

(54) Titre : PROCEDE D'AIDE A LA NAVIGATION D'UN AERONEF ET DISPOSITIF CORRESPONDANT



(57) Abstract: The invention relates to an automatic aircraft navigational assistance method. According to the invention, a capture zone is a zone in which the aircraft can capture a pre-determined vertical profile segment by applying a transition between the guide submode in which the aircraft is located and the guide submode which is adapted to follow the vertical profile segment to be captured. The inventive method comprises a step consisting in determining the width of the capture zone according to the height h of the vertical profile to be captured and the speed v of the aircraft at the base of said height h when the aircraft is not on the profile or at said height h when the aircraft is on the profile.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/031879 A1

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/031879 A1

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'aide à la navigation automatique d'un aéronef. Une zone de capture étant une zone dans laquelle l'aéronef peut capturer un segment de profil vertical prédéterminé en appliquant une transition entre le sous-mode de guidage adapté au suivi du segment de profil vertical à capturer, il comprend l'étape consistant à déterminer la largeur de la zone de capture en fonction de la hauteur h du profil vertical à capturer et de la vitesse v qu'a l'aéronef à l'aplomb de cette hauteur lorsque l'aéronef n'est pas sur le profil ou à cette hauteur lorsque l'aéronef est sur le profil.

PROCEDE D'AIDE A LA NAVIGATION D'UN AERONEF ET DISPOSITIF CORRESPONDANT

L'invention concerne un procédé et un dispositif d'aide à la navigation.

Le domaine de l'invention est celui de l'aide à la navigation et à la sécurité aériennes et concerne plus particulièrement l'aide au contrôle du guidage d'un aéronef le long d'une trajectoire dans le cadre d'une conduite de vol automatique.

Il peut s'agir d'une trajectoire en descente ou en montée. Dans la suite, on prendra comme exemple de trajectoire, une trajectoire en descente et un avion comme exemple d'aéronef. Une telle trajectoire 1 représentée figure 1, et appelée profil vertical est constituée d'une succession de segments rectilignes et est décomposée en deux parties : une première partie 10 pendant laquelle l'avion est relativement libre et qui peut donc être optimisée en adoptant une vitesse de consigne et une poussée permettant de minimiser la consommation de carburant et une seconde partie 11 de préparation de l'avion à l'approche et à l'atterrissage sur une piste 12 au cours de laquelle l'avion doit respecter certains paramètres d'altitude, de vitesse et de route horizontale en adoptant une vitesse et une pente contraintes.

Une trajectoire de descente d'avion se calcule à rebours à partir de la configuration dans laquelle se trouve l'avion à l'atterrissage puis en remontant et en établissant de point 2 en point 2 les consignes de vitesse et de poussée correspondantes jusqu'au point de début de la descente ou « TOD », acronyme anglo-saxon de « Top Of Descent ».

Une fois ce profil établi par le système de gestion de vol (« FMS », acronyme anglo-saxon de « Flight Management System ») à partir de contraintes données par les contrôleurs aériens, le système de gestion de vol va donner des ordres au pilote automatique pour rejoindre ce profil et s'y maintenir, ces ordres étant établis en fonction de lois de commande et des consignes de vitesse et de poussée spécifiques du segment de profil.

On distingue les lois qui déterminent la commande des gouvernes de profondeur en fonction de consignes de vitesse (« SPD » comme speed en anglais), de chemin vertical (« VPATH » comme Vertical PATH en anglais) ou de vitesse verticale (« VS » comme Vertical Speed en anglais) et

les lois qui déterminent la commande de poussée et qui sont établies en fonction de consignes de poussée (« THR » comme Thrust en anglais) ou de vitesse (« SPD »). Ces lois sont combinées entre elles et les couples de lois en résultant et qui sont associés à des sous-modes de guidage, permettent
5 d'établir les ordres qui permettront à l'aéronef de rejoindre (on dit aussi capturer) le segment de profil ou de s'y maintenir tout en respectant certaines contraintes.

A partir de ce qui précède, on désigne par zone de capture autour du profil, la zone dans laquelle il est possible de capturer le profil en
10 appliquant une transition entre le sous-mode de guidage dans lequel se trouve l'avion et le sous-mode de guidage adapté au suivi du segment de profil à capturer. En dehors de cette zone, on applique un sous-mode de guidage permettant de rejoindre au plus vite cette zone de capture.

On peut définir cette zone de capture 3 représentée figure 2,
15 comme une bande de diamètre D, fixe ou ne dépendant que de la vitesse, centrée sur le profil 1.

Mais ces définitions ne prennent pas en compte les différences notamment entre un vol à haute altitude et grande vitesse sol (en début de descente par exemple) et un vol à basse altitude et basse vitesse sol (lors
20 par exemple de la préparation de la procédure d'approche), ainsi que les corollaires tels que les vols à basse altitude et grande vitesse sol.

Ainsi pour un vol à haute altitude et/ou à grande vitesse, la zone de capture est trop réduite et la capture du segment de profil visé est trop rapide en particulier pour le confort des passagers ; de même pour un vol à
25 basse altitude et/ou à basse vitesse, la zone de capture est trop large et la capture du segment de profil visé est trop longue en ce sens qu'une partie de ce temps de capture aurait pu être consacré à un autre mode de vol et notamment à une capture plus rapide avec un mode de vol plus économique en carburant comme par exemple le mode « dans la masse d'air » ou
30 « airmass » en anglais.

Finalement, l'exécution des ordres par le pilote automatique ne permettent pas toujours d'assurer le confort des passagers ou d'adopter un mode de vol adapté, pendant la capture du profil.

Il est connu que pour assurer le confort des passagers, les
35 mouvements de l'aéronef ne doivent pas conduire à ce que le facteur

d'accélération verticale dépasse un certain seuil, par exemple égal à 0.1 g; g étant l'accélération terrestre ($g = 9.81 \text{ m/s}^2 = 32.1725 \text{ ft/s}^2$). Ce facteur ne doit pas non plus être dépassé pendant la capture.

Il en résulte que pour assurer le confort des passagers, il faut
5 forcer la capture du profil par des trajectoires soumises à des facteurs de charge contraints. La forme de la trajectoire permettant de conserver un facteur d'accélération verticale constant pendant la capture est une parabole qui vient tangenter le profil.

Pour assurer le confort des passagers, il faut aussi éviter les fortes
10 variations de poussée.

Un but important de l'invention est donc de choisir une zone de capture mieux adaptée au confort des passagers et à la rapidité de capture que dans l'art antérieur.

Pour atteindre ces buts, l'invention propose un procédé d'aide à la
15 navigation automatique d'un aéronef, principalement caractérisé en ce qu'une zone de capture étant une zone dans laquelle l'aéronef peut capturer un segment de profil vertical prédéterminé en appliquant une transition entre le sous-mode de guidage dans lequel se trouve l'aéronef et le sous-mode de guidage adapté au suivi du segment de profil vertical à capturer, il comprend
20 l'étape consistant à déterminer la largeur de la zone de capture en fonction de la hauteur du profil vertical à capturer et de la vitesse qu'a l'aéronef à l'aplomb de cette hauteur lorsque l'aéronef n'est pas sur le profil ou à cette hauteur lorsque l'aéronef est sur le profil.

L'invention a également pour objet un dispositif d'aide à la
25 navigation automatique d'un aéronef comportant au moins une mémoire de programme, caractérisé en ce que la mémoire de programme comporte un programme de calcul de la largeur d'une zone de capture, une zone de capture étant une zone dans laquelle l'aéronef peut capturer un segment de profil vertical prédéterminé en appliquant une transition entre le sous-mode
30 de guidage dans lequel se trouve l'aéronef et le sous-mode de guidage adapté au suivi du segment de profil à capturer, la largeur de la zone de capture étant calculée en fonction de la hauteur du profil vertical à capturer et de la vitesse qu'a l'aéronef à l'aplomb de cette hauteur lorsque l'aéronef n'est pas sur le profil ou à cette hauteur lorsque l'aéronef est sur le profil.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 déjà décrite représente schématiquement un profil
5 vertical,

la figure 2 déjà décrite représente schématiquement une zone de capture selon l'état de la technique,

la figure 3 représente schématiquement une zone de capture selon l'invention,

10 la figure 4 représente schématiquement un dispositif d'aide à la navigation selon l'invention.

Le problème posé est de déterminer la zone de capture et plus précisément de la déterminer de manière optimale en fonction de la
15 dynamique de l'avion et du confort des passagers.

Il s'agit plus précisément de déterminer cette zone de capture de manière à ce qu'elle soit plus large pour un vol à haute altitude et/ou à grande vitesse et moins large pour un vol à basse altitude et/ou à basse
vitesse.

20 Le procédé selon l'invention est basé sur le calcul de la largeur de la zone de capture aussi dénommée marge, en fonction de la hauteur du profil vertical à capturer et de la vitesse sol qu'a l'avion à l'aplomb de cette hauteur lorsque l'aéronef n'est pas sur le profil ou à cette hauteur lorsque l'aéronef est sur le profil.

25 Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, on détermine cette fonction à partir de la loi sur l'énergie mécanique totale, telle que $E_t = E_c + E_p$

E_t , E_c et E_p étant respectivement l'énergie totale, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de l'avion.

30 En désignant comme représenté figure 3 par v , la vitesse sol qu'a l'avion sur le profil à la hauteur h ou à l'aplomb de cette hauteur, m sa masse, h' la hauteur de la borne supérieure de la zone de capture et h'' la hauteur de la borne inférieure, et en définissant la hauteur totale h_t équivalente issue de l'énergie totale, on pose :

$$E_t = mgh_t = \frac{1}{2}mv^2 + mgh,$$

$$\text{soit } h_t = \frac{v^2}{2g} + h$$

- 5 Selon un mode de réalisation de l'invention, on exprime alors la marge selon une fonction de la hauteur totale en considérant une hauteur de sécurité h_s et une constante d'adaptation K variant selon les caractéristiques de l'avion :

$$\Delta h = h' - h = h - h'' = h_s + \frac{1}{K}h_t = h_s + \left[h + \frac{v^2}{2g} \right] \frac{1}{K}$$

10

K permet à Δh de varier entre h_s , pour un vol à basse altitude et basse vitesse, et une hauteur limite pour un vol à haute altitude et grande vitesse, quelles que soient la vitesse v et la hauteur h .

- Le procédé décrit est mis en œuvre dans un dispositif embarqué d'aide à la navigation d'un aéronef. Un exemple de ce dispositif 100 est représenté figure 4. Il comporte de manière classique un ou plusieurs microprocesseurs 101 couplés à une mémoire de programme 102 de type ROM par exemple, à une mémoire de travail 103 de type RAM par exemple et à une ou plusieurs mémoires 104 de type ROM par exemple pour le stockage du profil vertical à capturer, ainsi que des circuits 105 de transfert de données entre ces divers éléments. La mémoire de programme 102 contient le programme exécutoire du procédé, sous forme de code source, alors que la mémoire de travail 103 comporte des registres pouvant être mis à jour pour le stockage de résultats des calculs. Cet équipement 100 comporte aussi une interface de communication 106 pour permettre l'échange de données avec des dispositifs comme par exemple avec une interface utilisateur 107, avec des capteurs, etc.

- Ces éléments sont par exemple inclus dans un système de gestion de vol, (« FMS »). Ils peuvent aussi être inclus sous forme de circuits intégrés dédiés, conçus pour mettre en œuvre le procédé.

30

REVENDECATIONS

1. Procédé d'aide à la navigation automatique d'un aéronef, caractérisé en ce qu'une zone de capture étant une zone dans laquelle l'aéronef peut capturer un segment de profil vertical prédéterminé en
5 appliquant une transition entre le sous-mode de guidage dans lequel se trouve l'aéronef et le sous-mode de guidage adapté au suivi du segment de profil vertical à capturer, il comprend l'étape consistant à déterminer la largeur de la zone de capture en fonction de la hauteur h du profil vertical à capturer et de la vitesse v qu'a l'aéronef à l'aplomb de cette hauteur lorsque
10 l'aéronef n'est pas sur le profil ou à cette hauteur lorsque l'aéronef est sur le profil.

2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la largeur de la zone de capture est déterminée en fonction de la hauteur
15 h et du carré de la vitesse v .

3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la largeur de la zone de capture est égale à environ $2\Delta h$ avec

20
$$\Delta h = h' - h = h_s + \left[h + \frac{v^2}{2g} \right] \frac{1}{K}$$

h' étant la hauteur de la borne supérieure de la zone de capture, h_s une hauteur de sécurité, g l'accélération terrestre et K une constante d'adaptation.

25

4. Dispositif (100) d'aide à la navigation automatique d'un aéronef comportant au moins une mémoire de programme (102), caractérisé en ce que la mémoire de programme (102) comporte un programme de calcul de la largeur d'une zone de capture, une zone de capture étant une zone dans
30 laquelle l'aéronef peut capturer un segment de profil vertical prédéterminé en appliquant une transition entre le sous-mode de guidage dans lequel se trouve l'aéronef et le sous-mode de guidage adapté au suivi du segment de profil à capturer, la largeur de la zone de capture étant calculée en fonction

de la hauteur h du profil vertical à capturer et de la vitesse v qu'a l'aéronef à l'aplomb de cette hauteur lorsque l'aéronef n'est pas sur le profil ou à cette hauteur lorsque l'aéronef est sur le profil.

- 5 5. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la mémoire de programme comporte un programme de calcul de la largeur d'une zone de capture en fonction de la hauteur h et du carré de la vitesse v .

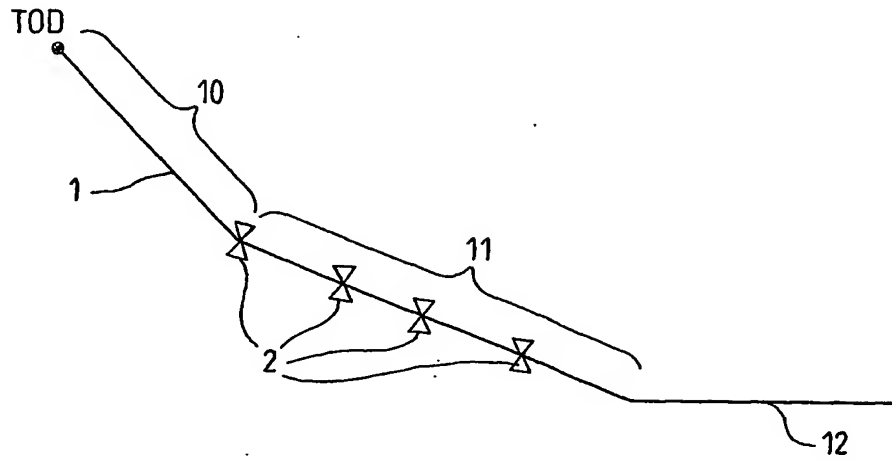


FIG.1

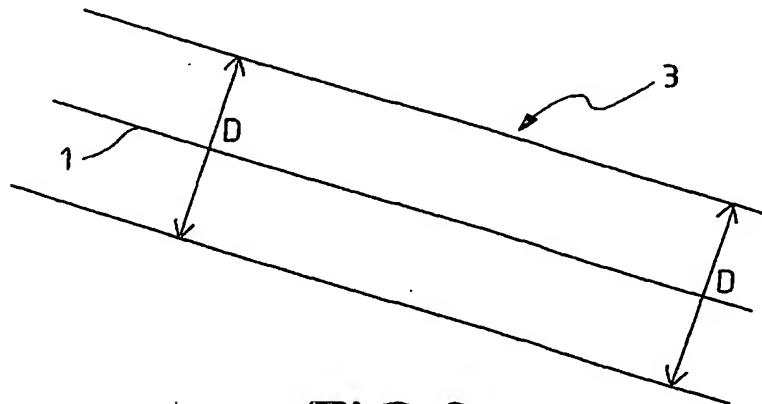


FIG.2

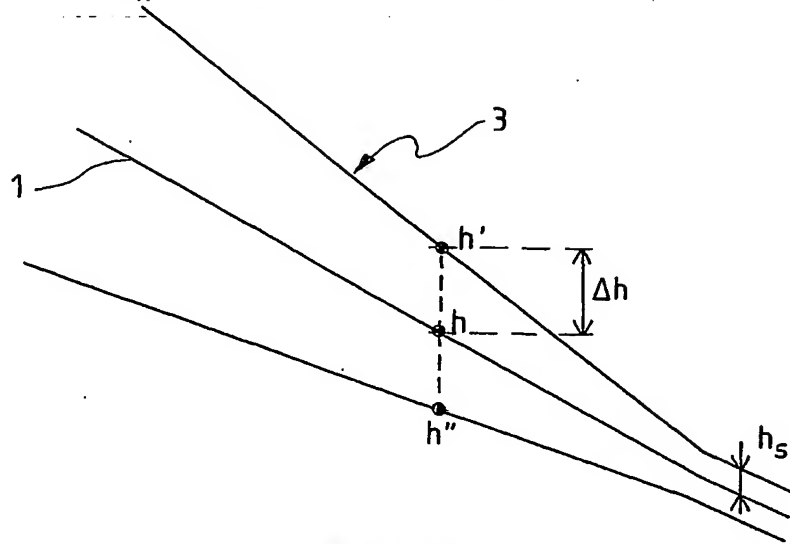


FIG. 3

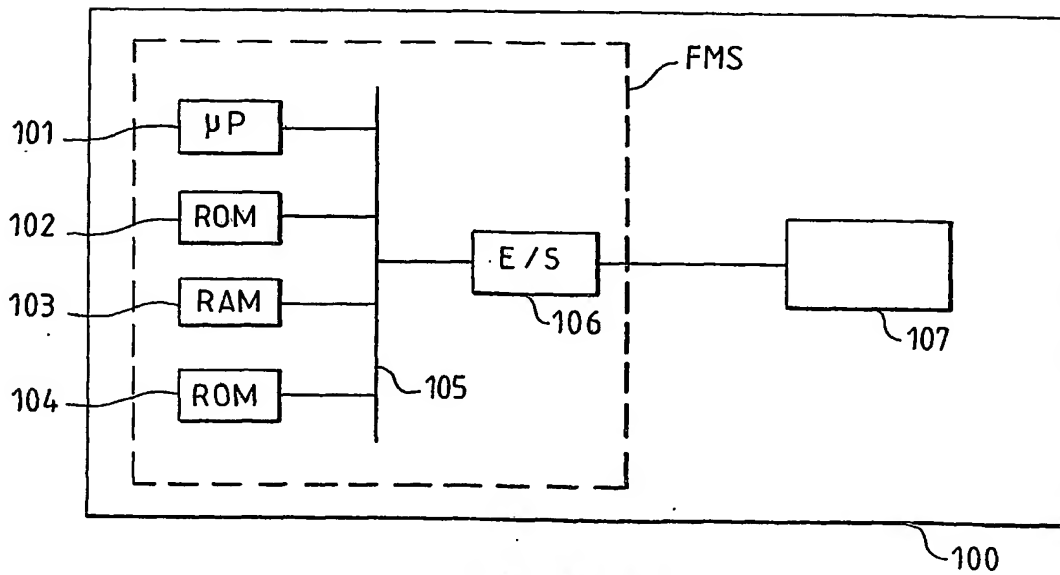


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PC/4 R 03/02794

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G05D 1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 377 848 A (FLANNIGAN JAMES B ET AL) 22 March 1983 (1983-03-22) abstract column 1, line 14 - line 43 column 1, line 63 - column 2, line 30	1,2,4,5
X	US 4 609 988 A (ZWEIFEL TERRY L) 2 September 1986 (1986-09-02) column 1, line 7 - line 36 column 4, line 9 - line 21 column 7, line 32 - line 41 column 7, line 67 - column 8, line 31 figures 1-3	1,2,4,5
X	US 3 892 373 A (DONIGER JERRY) 1 July 1975 (1975-07-01) column 4, line 62 - column 6, line 39; figure 1	1,2,4,5

	---/---	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 February 2004

Date of mailing of the international search report

26/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Helot, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PC/74PR/03/02/94

Continuation of DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category of document with indication where appropriate of the relevant passages

Relevant to claim No.

A
FR 2 371 006 A (SFENA)
9 June 1978 (1978-06-09)
page 2, line 15 - line 24

1,4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/AFR/03/02/94

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4377848	A 22-03-1983	NONE	
US 4609988	A 02-09-1986	DE 3476283 D1 EP 0122718 A2 JP 2019590 C JP 7008679 B JP 59171795 A	23-02-1989 24-10-1984 19-02-1996 01-02-1995 28-09-1984
US 3892373	A 01-07-1975	NONE	
FR 2371006	A 09-06-1978	FR 2371006 A1 CA 1126838 A1 DE 2751267 A1 GB 1595501 A JP 53091300 A US 4232839 A	09-06-1978 29-06-1982 18-05-1978 12-08-1981 10-08-1978 11-11-1980

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR-03/02794

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G05D 1/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G05D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 377 848 A (FLANNIGAN JAMES B ET AL) 22 mars 1983 (1983-03-22) abrégé colonne 1, ligne 14 - ligne 43 colonne 1, ligne 63 - colonne 2, ligne 30 ---	1,2,4,5
X	US 4 609 988 A (ZWEIFEL TERRY L) 2 septembre 1986 (1986-09-02) colonne 1, ligne 7 - ligne 36 colonne 4, ligne 9 - ligne 21 colonne 7, ligne 32 - ligne 41 colonne 7, ligne 67 - colonne 8, ligne 31 figures 1-3 ---	1,2,4,5
X	US 3 892 373 A (DONIGER JERRY) 1 juillet 1975 (1975-07-01) colonne 4, ligne 62 - colonne 6, ligne 39; figure 1 ---	1,2,4,5
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☐ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 février 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/02/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Helot, H

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PC17/ER-03/02/94

(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie Identification des documents cités avec le PCT et/ou dans le cadre des procédures pertinentes des revendications visées

A

FR.2 371.006 A. (SFENA)
9 juin 1978 (1978-06-09)
page 2, ligne 15 - ligne 24

1,4

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR-03/02794

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Document prélevé cite
dans le rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

US 4377848

A

22-03-1983

AUCUN

US 4609988

A

02-09-1986

DE

3476283 D1

23-02-1989

EP

0122718 A2

24-10-1984

JP

2019590 C

19-02-1996

JP

7008679 B

01-02-1995

JP

59171795 A

28-09-1984

US 3892373

A

01-07-1975

AUCUN

FR 2371006

A

09-06-1978

FR

2371006 A1

09-06-1978

CA

1126838 A1

29-06-1982

DE

2751267 A1

18-05-1978

GB

1595501 A

12-08-1981

JP

53091300 A

10-08-1978

US

4232839 A

11-11-1980

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.